

О.Ю. Чаленко

Інститут економіко-правових досліджень НАН України, Донецьк

САМООРГАНІЗАЦІЯ, ЕНТРОПІЯ В ПРИРОДІ ТА ЕКОНОМІЦІ



Розглянуто поняття «ентропія» в природних науках та в економіці, виявлено проблеми, пов'язані з невизначеністю даного поняття. Проаналізовано відомі парадигми ентропії, засновані на самоорганізації матерії в дисипативні структури Пригожина. Виявлено аномалії та проведена фальсифікація існуючої теорії ентропії. Запропоновано нову гіпотезу та напрямки дослідження ентропії на засадах процесного підходу. Виконано обґрунтування процесної гіпотези ентропії у природних науках та в економіці.

Ключові слова: самоорганізація, дисипативні структури, ентропія, гіпотеза, процес, природа, економіка.

БАЗОВІ ВИЗНАЧЕННЯ

Термін і поняття «ентропія» (від грецьк. $\epsilon\nu\tau\rho\omicron\pi\iota\alpha$ — поворот, перетворення) вперше ввів німецький фізик — один із засновників термодинаміки і молекулярно-кінетичної теорії теплоти — *Рудольф Клаузіус* в 1865 році. За визначенням ентропія є мірою знецінення енергії, її втратами, розсіювання в навколишній простір і т. д. Таким чином, термін і його зміст, що має чисто фізичний характер, через свою універсальність породив нову загальнонаукову парадигму. Можливо, ця подія так і залишилася б непоміченою для широкої публіки, але збільшення ентропії, на думку прихильників даної парадигми, повинно було привести до того, що всі температури в світі коли-небудь обов'язково зрівняються, тепла енергія перестане перетворюватися на механічну, весь світ замре і наступить «теплова смерть» [1].

Такі висновки і претензії на фундаментальність і всеосяжність ентропії привели до щонайширшого її застосування в наукових дослідженнях. Для прикладу розглянемо деякі з них. Ентропія — в теорії інформації: величина, що характеризує ступінь невизначеності

системи; у теорії систем: величина, зворотна рівню організації системи [2]. Статистична фізика розглядає ентропію як міру вірогідності перебування системи в даному стані — принцип Больцмана [3]. Ентропія як міра невизначеності стану будь-якої цілком впорядкованої фізичної системи або поведінки будь-якої системи, включаючи живі і неживі об'єкти і їх функції [4]. Термодинамічна ентропія мікрочасток, або молекулярної (мікроскопічної) множини, використовується для опису теплових процесів у фізиці [5]. Якщо термодинамічна ентропія є міра неупорядкованості (або безладу) мікрочасток, то ентропія в широкому сенсі — міра неупорядкованості (або безладу) будь-якого об'єкта за будь-якими ознаками. Величина ентропії вимірює ступінь гомогенності структури [6]. У медицині поняття ентропії також знайшло своє застосування при описі життєздатності людського організму [7].

Нобелівський лауреат *Ілля Пригожин*, засновник теорії нерівноважних незворотних процесів, розробив теорію дисипативних структур і визначив, що нерівноваженість є джерелом організації і ентропії в природі і суспільстві. Ним була доведена теорема про нерівноважні



Рис. 1. НДП «Ентропія»

процеси, згідно з якою сталому стану відповідає мінімум ентропії. Він показав, що за зовнішніх умов, які перешкоджають рівноважному стану, ентропія збільшується, а якщо перешкоди відсутні – ентропія досягає абсолютного мінімуму (нуля) [8].

Парадигма ентропії не обійшла своїм впливом і економіку. Виявилось надзвичайно зручним пояснювати науково непередбачені аномалії соціально-економічного розвитку впливом ентропії. Тобто задумане не вийшло тому, що система виявилася «нерегульованою», не достатньо інформативною, розпорошеною і т. д., цебто – погана ентропія. Поняття ентропії в економіці сформульоване вельми розпливчато, не має чіткого визначення, наприклад: «це кількісний показник безладу, міра зайвої роботи у досягненні поставленої мети, частина некорисних побічних процесів або явищ, супроводжуючих яку-небудь діяльність» [9]. Ентропійний закон в замкнутій економічній системі характеризує міру господарського порядку – безладу за часовий цикл взаємодії через стабільні та дестабілізовані режими економічного обміну, що реалізуються [10]. Таким чином, ентропія в економіці стала найбільш абстрактним визначенням численних процесних аномалій і тому постійно збільшує число своїх прихильників і кількість наукових досліджень.

НДП – «ЕНТРОПІЯ»

Проведемо аналіз фальсифікації ентропійної теорії за відомою методологією Поппера–Лакатоса [11]. Подамо науково-дослідницьку

програму (НДП) «Ентропія» у формі твердого ядра – власне парадигми ентропії і захисного поясу – понять ентропії, використовуваних в різних сферах науки. Схематичне зображення НДП «Ентропія» наведено на рис. 1.

Тверде ядро НДП у загальному випадку, за існуючими теоретичними уявленнями, визначає втрати в об'єкті, які фокусуються в понятті ентропії – мірі неупорядкованості системи. Як захисний пояс пропонуються різні об'єкти з сфери знань, системи, Всесвіту, ноосфери, наукових дисциплін, що спричиняє певні невідповідності.

Взагалі, слід прийняти за аксіому, що втрати можливі тільки в рухомій матерії (об'єктах). Об'єкт у стані спокою (якщо такий існує) втрачати, тобто ентропією, не володіє.

Що ж є ознакою руху? Відповідь парадоксально проста – процес. Саме процес, його стадійність, послідовність визначає рух об'єкта з одного стану – *входу* (початок процесу) в інший стан – *вихід* (кінець процесу). При цьому сам процес, як правило, має декілька альтернативних напрямів, які дослідник класифікує як корисну функцію і втрати. Ось тут і починається різночитання ентропії як виду втрат, які приписуються об'єкту.

Фальсифікація НДП «Ентропія»

Фальсифікація НДП «Ентропія» в сучасності тлумаченні можлива за такими ознаками:

1. Нечітке визначення об'єкта дослідження привело до невизначеності самого поняття ентропії. В даний час ентропія трактується надмірно широко, застосовується без винятку до всіх об'єктів матеріального світу: до статичних, динамічних, інтегрованих структур і систем. Насправді ж поняття ентропії може бути застосованим тільки до процесів.

2. До сфери дії ентропії по існуючій парадигмі віднесені об'єкти матеріального і нематеріального світу без відповідної демаркації. Це вносить понятійну невизначеність самого терміну «ентропія», неузгодженість і немож-

ливість логічної зіставленості понять «матеріальна ентропія» і «нематеріальна ентропія».

3. Конфліктність ознак поняття «ентропії» в теоріях, що складають захисний пояс НДП. Логіка загалом одна і та ж — втрати, однак у кожній з даних теорій ентропія втрат має свою епістемологію, що суттєво відрізняється від інших, не дозволяє проводити фундаментальних узагальнень.

4. Невизначеність джерел ентропії. Видатні дослідження Пригожина дали можливість виявити деякі джерела ентропії і подати їх як особливо організовані дисипативні структури. Проте механізм дисипації, що породжує ентропію, до теперішнього часу розкритий не повністю.

5. Незавершеність формування твердого ядра НДП. Існуюче поняття ентропії не задовольняє вимог однозначності та системності; відсутня демаркація відносно процесних застосувань.

На підставі вищезазначеного можна зробити висновок, що сучасна НДП «Ентропія» може бути сфальсифікована за вказаними ознаками, а тому допускає суттєву реконструкцію і уточнення. Дані уточнення відносяться перш за все до визначення «твердого ядра» — наукового поняття ентропії як результату певного процесу, а також до стандартизації логіки наукових понять захисного пояса.

Проблема дослідження полягає в необхідності уточнення НДП «Ентропія» і створення парадигм, які релевантно відбивають динамічні процеси в природній науці і економічній діяльності людини.

Метою даного дослідження є створення нового твердого ядра НДП — теоретичних положень про рух матерії і ентропії.

Для досягнення поставленої мети запропоновано вирішити наступні завдання: дослідити сутність самоорганізації матерії; фальсифікувати поняття дисипативних структур; визначити рух матерії як процесу; визначити основні елементи процесу руху матерії і їх взаємодії; розробити парадигму про процеси матерії і ентропії, основи твердого ядра НДП; до-

слідити природні та економічні прояви ентропії, роль людського чинника.

Дослідження суті самоорганізації матерії

Парадокс Пригожина. У фізиці розрізняють два типи самоорганізації або фазових переходів: *консервація* і *дисипація*. Дисипативна самоорганізація — це фазовий перехід необоротних структур, далеких від стану рівноваги. Ілля Пригожин і вчені Брюссельської школи спробували визначити рух матерії як існування «дисипативних структур». Даний термін був вперше введений в 1967 р. і визначав результати розвитку власних внутрішніх несталостей у системі, що зрештою викликало її самоорганізацію [12].

З роботи «Порядок з хаосу» [13]:

- ✦ «активність матерії пов'язана з нерівноважними умовами, що породжуються самою матерією (с. 165);
- ✦ до особливостей еволюції складних систем відноситься те, що кожна окрема дія або локальне втручання в систему знаходить колективний аспект, який може спричинити абсолютно несподівані глобальні зміни (с. 181);
- ✦ нерівноважність є те, що породжує порядок з хаосу (с. 252);
- ✦ безповоротність є той механізм, який створює порядок з хаосу (с. 257); саме ентропійний бар'єр гарантує єдність напруму часу, неможливість змінити хід часу з одного напруму на протилежний (с. 260)».

Парадоксальним є те, що в даній теорії впорядкування матеріальних систем відбувається завдяки нерівноважності. На думку Пригожина, нерівноважність породжує порядок і ентропію, забезпечує рух матерії в часі. При цьому рівноважна система за поданою логікою взагалі не має права на існування.

Самоорганізація системи

Отримані висновки вказують на ефект ускладнення природних систем, заснований на явищі самоорганізації. Пригожин виділяє такі етапи самоорганізації [14]:

- ✦ *активне середовище*. На думку представників Брюссельської школи, народження структур можливе тільки в особливому середовищі, здатному до самоорганізації, яке називають *активним* (елементи цього середовища повинні виводитися зі стану рівноваги зовнішніми потоками енергії; особливістю активного середовища є нелінійні взаємодії складових елементів);
 - ✦ *інверсія*. В стані рівноваги дія дорівнює протидії, що забезпечує симетрію (інверсія полягає в порушенні рівноважного стану, загальноприйнятого підходу і реалізації якісно нового стану — порядку);
 - ✦ *параметри порядку*. Система, що володіє нескінченним числом ступенів свободи, перебуває в стані хаосу (при виділенні з неї невеликої кількості змінних — параметрів порядку — формується макроскопічна змінна, що дозволяє описати процес самоорганізації);
 - ✦ *когерентна взаємодія*. Сталі за даних умов параметри порядку підпорядковують собі останні (в системі з'являються внутрішні механізми узгодженої (когерентної) взаємодії елементів, причому система стає некерованою ззовні);
 - ✦ *когерентність*. Когерентність складає основу самоорганізації, забезпечуючи єдність цілого і частки, визначає виникнення кореляцій між елементами системи;
 - ✦ *порядок як когерентність колективного стану*. У суспільному житті когерентність є однією з основних складових спектра людських відносин (на зорі цивілізації кооперативний початок обмежувався сім'єю, потім — стадом, плем'ям; в даний час когерентність охоплює всю планету: спільний ринок, загальна валюта і т. ін.).
- Фази процесу самоорганізації в теорії Пригожина описуються як наслідки, без вказівки первинних причин, які повинні безумовно гарантувати новий якісний стан — порядок. При цьому порядок характеризується великою кількістю зв'язків між елементами, які забезпе-

чують самостійну і навіть аномальну поведінку системи в даний момент часу.

Як вважає Пригожин, взаємодія елементів самоорганізації матерії підтверджується хімічною реакцією Білоусова–Жаботинського, суть якої полягає ось у чому. Досліджується окислювально-відновлювальна реакція в розчині, що містить сірчану і малонову кислоти, сульфат церію і бромат калію. При додаванні в розчин індикатора окислювально-відновлювальної реакції (ферроїну) можна спостерігати за ходом реакції по коливальній зміні кольору або, точніше, по спектральному поглинанню [15]. Зрив коливального процесу досягався перемішуванням розчину в колбі за допомогою скляної палички, причому коливання відновлювалися через деякий час і тривали до повного витрачання реагентів. Пригожин показав, що у відкритій системі біля стаціонарного стану, достатньо віддаленого від хімічної рівноваги, можливі хімічні коливання [16]. Проте залишається неясним, що ж означають описані коливання: порядок чи його відсутність? Відбувається самоорганізація системи чи, навпаки, настає хаос? Реакція все одно закінчується, не утворюючи нового стану середовища. Ось у чому виявляється головний парадокс парадигми Пригожина.

Фальсифікація парадигми самоорганізації

За наведеною парадигмою руху матерії логіка самоорганізації системи характеризується такими ознаками.

1) у системі відбувається консервація і дисипація енергії;

2) консервативний стан формує хаос — рівноважні оборотні процеси;

3) дисипативний стан — є фазовий перехід незворотних структур, далеких від стану рівноваги, що може і повинно спричинити самоорганізацію системи;

4) існують деякі критичні умови, за яких виникає складна нелінійна взаємодія мікроскопічних елементів, що породжує стійкі макроскопічні структури в дисипативному стані;

5) рух матерії визначається існуванням «дисипативних структур», що визначені як наслідок без вказівки причин;

6) джерелом порядку за Пригожиним є нерівноважність;

7) безповоротність є джерелом порядку на всіх рівнях, що створює механізм, який породжує порядок із хаосу;

8) ентропійний бар'єр гарантує єдиність напрямку часу, неможливість змінити хід часу з одного напрямку на протилежний.

Рух матерії, за Пригожиним, визначається виключно наявністю дисипативних структур, які породжують час у системі і забезпечують її самоорганізацію. Проте дана ознака є досить умовною, оскільки не витікає із логіки існування матерії. Дисипація прийнята як деякий стан, при цьому чіткої демаркації цього явища не наведено. Указується лише, що вона виникає в «станах, далеких від рівноваги», які також складно визначити.

Консервація енергії в системі за розглянутою парадигмою є оборотним процесом, а тому, за Пригожиним, виключає перебіг часу, внаслідок чого про рух матерії складно говорити. Виходить, що матеріальним світом керує тільки дисипація, проте насправді це не так, що вимагає переконливіших доказів.

Ентропія прийнята як джерело нерівноважності і дисипації на підставі того, що втрати не можуть бути повернені в систему, а значить, неможлива оборотність часу. Але ознака безповоротності не є вирішальною в самоорганізації системи, як це стверджує Пригожин. Оборотність матерії зовсім не передбачає оборотності часу. Сам час не визначений у системі, вказується тільки, що він є деякою характеристикою руху матерії. При цьому виділяють «машини часу» — стабільні циклічні процеси, прийняті за еталон, повторюваність і можливість виміру яких дозволяє співставляти параметри руху матерії.

У результаті проведеного аналізу доведено, що парадигма про дисипативні структури і її наслідки — самоорганізації системи і ентропії

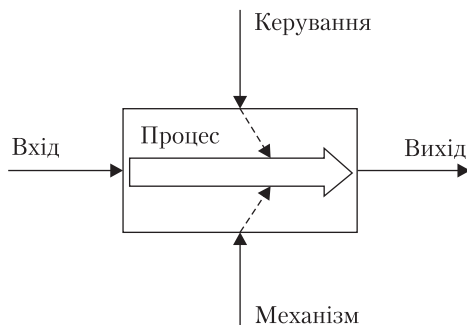


Рис. 2. Стандартна схема процесу

не повністю релевантні. Звідси випливає висновок про можливу фальсифікацію парадигми самоорганізації дисипативних структур.

Застосування процесного підходу до розкриття суті самоорганізації

Методологія процесного підходу IDEF0 (Integrated Definition Function Modeling) вперше була запропонована *Дугласом Россом* в 1973 р. в аерокосмічній промисловості США для задоволення потреби в розробці методів аналізу взаємодії процесів у виробничих системах. На сьогодні методологія IDEF0 широко використовується дослідниками не тільки в США, але й у всьому світі [17].

Стандартний процес за методологією IDEF0 визначається як: перетворення «входу» в «вихід» під дією «керування» з використанням «механізму». Схематичне зображення процесу в системі моделювання подано на рис. 2. Процес подано блоком у вигляді прямокутника, до лівої сторони якого спрямована стрілка «Вхід», до верхньої — «Керування», до нижньої — «Механізм». З правої сторони блоку виходить стрілка «Вихід». Вхід інтерпретується як сукупність початкових даних, об'єктів, ресурсів, які перетворюються процесом, або як початковий стан об'єкта, системи. Виходом є продукт процесу, кінцевий стан об'єкта, системи, результат відпрацювання певного життєвого циклу процесу. Керування — складова частина процесу, що визначає дію на життєвий цикл, за яким вхід перетвориться у вихід. Механізм — скла-

дова частина процесу, є ресурсами, які безпосередньо не переходять у вихід, але беруть участь в процесних перетвореннях. Одним з головних елементів процесу є *життєвий цикл*, що визначає суть процесу (стрілка усередині прямокутника).

Декомпозиція процесу передбачає розбиття його на складові частини — підпроцеси. Отримані підпроцеси визначають функціонування елементів процесу, їх взаємодію між собою і у складі процесу. Принцип декомпозиції дозволяє виконувати багатократне розбиття процесів, починаючи з макрорівня і забезпечуючи перехід на рівні з мінімальною агрегацією. У результаті декомпозиції з'являється можливість визначення елементів для кожного підпроцесу і процесу в цілому.

Методологія процесного підходу є, мабуть, єдиною, що відбиває такі характеристики, як керування, зворотний зв'язок і ресурси. Інша особливість даної методології полягає в тому, що вона розвивалася як мова опису функціонування систем загального вигляду, але потім знайшла застосування для будь-яких наукових завдань, незалежно від масштабів явища. Особливу увагу необхідно звернути на логіку процесного підходу, за якою рух визначається як процес, що формує стани системи. Вказані стани описуються *Входом* і *Виходом* і не впливають на хід самого процесу, що методологічно є дуже важливим.

Особливості природного процесу

Розглянемо процес руху матерії, схематично поданий на рис. 3.

Даний процес відбувається без участі людини. *Входом* є початковий стан матерії, *Виходом* — її кінцевий стан. Оскільки рух не визначений в часі, то поняття початкового і кінцевого станів прийняті умовно, щоб показати поточні зміни.

Безперервність процесу на схемі відображається пунктирною лінією, яка пов'язує вихід поточного стану з входом майбутнього, тобто забезпечує безперервний рух матерії. У процес

введено заміщення — перерозподіл частки вхідних параметрів в механізм (ресурси) процесу, що відповідає реальній природі. При цьому матеріальні об'єкти можуть бути присутніми в одних процесах у вигляді *Входів*, а в інших це будуть *Виходи* і *Механізми*.

Як *Керування* маємо закони матеріального світу (зберігання, гравітації і т. ін.). *Механізм* — це природні ресурси, що забезпечують процес. Як видно з моделі, окремими виходами процесу є зворотний зв'язок по керуванню (*ЗЗкер*) і зворотний зв'язок по механізму (*ЗЗмех*). Звідки виникли ці зворотні зв'язки? Як вони впливають на хід процесу? Визначити це можна при розгляді послідовності перетворень самого процесу.

Працює модель таким чином. Перетворення *Виходу* процесу в його *Вхід* забезпечує безперервність руху матерії. Проте процес через нерівномірність середовища відбувається локально, залучає до себе все нові і нові матеріальні об'єкти (швидкість взаємодії — кінцева), а тому *Керування* (закони природи) змінює свою дію на процес також локально, в досить обмеженій сфері. В результаті загальне *Керування* процесу руху матерії доповнюється локальним *Керуванням*, яке може суттєво впливати на хід самого процесу і його інтенсивність. *Механізм* — природні ресурси, що забезпечують існування процесу. Вони не можуть бути нескінченними. Ресурси мають локально-кінцеву властивість, а тому також змінюються. У результаті основний процес на локальному рівні зазнає аномалії, тобто має суттєві теоретичні відмінності, викликані локальними змінами *Керування* і *Механізму*. У схемі вказані зміни забезпечуються дією зворотних зв'язків *ЗЗкер* і *ЗЗмех*.

Життєвий цикл процесу визначається локальним *Керуванням* і локальним *Механізмом*, а стани процесу — *Входом* і *Виходом*. Зворотні зв'язки *ЗЗкер* і *ЗЗмех* постійно вносять зміни до життєвого циклу і за певними фазовими співвідношеннями можуть викликати лінійні зміни, аперіодичні коливання, періодичні ко-

ливання, як це спостерігається, наприклад, в реакції Білоусова–Жаботинського. Це доводить не самоорганізацію системи, а локальність процесу руху матерії! Тобто перехід від початкового до кінцевого стану хімічної системи відбувається не рівномірно, а шляхом коливань, за наявності локальних відхилень дії елементів *Керування* і *Механізму*, прийнятими Пригожином як якийсь порядок.

Слід зазначити, що в природі існує нескінченна безліч процесів, що пов'язані між собою як станами — *Входами* і *Виходами*, так і елементами — *Керуванням* і *Механізмом*. У результаті ми маємо процеси, які здатні проводити як локальну структуризацію матерії (самоорганізацію), так і її дезорганізацію — руйнування локальної структури. При цьому вказані стани — рівноімовірні, отже теплової смерті Всесвіту, якою нас лякають фізики, не може бути. Тобто можливий як *порядок з хаосу*, так і *хаос з порядку*. При цьому ентропія як функція втрат у системі не може бути однонаправленою. Будь-які втрати одного процесу (напр., *Вихід* — тепло від тертя) можуть переходити в інші процеси у вигляді їх елементів — *Механізму*, *Управління*, що може викликати самоорганізацію або дезорганізацію на локальному рівні.

Як приклади можна розглядати процеси геосфери, де були глобальні потепління, похолодання і коливальні режими. При цьому встановлювався певний порядок і самоорганізація процесів системи (життєвий цикл). Навіть природні зміни за порами року поблизу прикордонного стану — температури кристалізації води — сприймаються нами як локальні структури. Вихід коливань температури в зону вище за точку кристалізації води призводить до самоорганізації природи в напрямі *весна–літо*. Вихід коливань температури в зону нижче за точку кристалізації води призводить до дезорганізації природи у напрямі *осінь–зима*. При цьому процеси самоорганізації і дезорганізації системи є відносними. Завжди існує точка зору, за якою дезорганізація системи може бути подана як її самоорганіза-

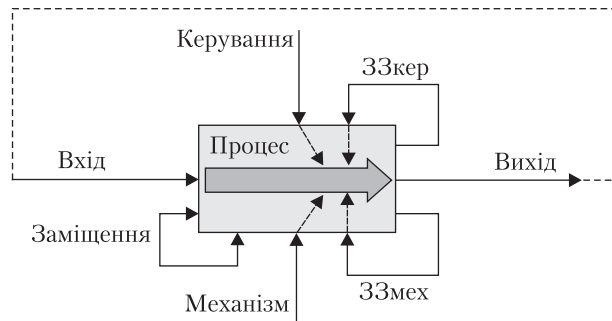


Рис. 3. Процес природного руху без участі людини

ція і навпаки. Наприклад, перехід *осінь–зима* може розглядатися як самоорганізація природної системи у напрямі енергозбереження.

Ентропія в системі

Як впливає з процесного опису руху матерії, зміни відбуваються не в яких-небудь консервативних або дисипативних структурах, а в ході самого процесу існування матерії. Тому структури Пригожина — є проміжні стани, які не можуть породжувати самоорганізацію, а швидше за все є індикаторами процесу (ілюстрацією), вказівкою на те, що розвиток йде в заданому напрямі при когерентній взаємодії. Сама когерентна взаємодія імовірно бере участь як у процесах самоорганізації, так і дезорганізації. Наприклад, будь-яка катастрофа спочатку розвивається самостійно, включаючи когерентні взаємодії безлічі елементів, в результаті породжує новий стан системи, який можна оцінювати як порядок або як хаос. У результаті ентропія може трактуватися як деякий залишок *Виходу* основного процесу. Наприклад, якщо основний процес має *Вихід*, визначуваний поєднанням елементів *Вхід*, *Керування*, *Механізм*, внаслідок чого формується передбачений результат, то на *Виході* обов'язково присутні аномалії, які не підкоряються процесу і виступають як втрати. Таким чином, ентропія з погляду процесного підходу стає як позапроцесна функція, яка вимагає свого обґрунтування і може бути визначена лише в межах іншого процесу.

Швидкість процесу і його елементів

Як відомо, зміни в природі здійснюються за рахунок дії групи процесів, швидкості яких істотно розрізняються. При цьому виникають різні комбінації швидкостей процесів руху матерії, що породжують фазові зсуви, коливання, біфуркації і інші явища. Гіпотетично нами прийнято, що часу в природі не існує, є тільки пам'ять і зміна станів процесу, групи процесів. При цьому час прийнятий як деяка відносна величина (еталонний процес), яка синхронізує події і фіксується за допомогою пам'яті. Без пам'яті поняття часу безглузде, оскільки саме пам'ять формує траєкторію процесу і сам час.

На підставі розглянутої процесної моделі про рух матерії пропонується наукова гіпотеза про природний процес і його ентропію в системі з такою формулою:

Встановлена невідома раніше властивість матеріального світу, заснована на взаємодіях елементів процесу руху матерії: входу, виходу, управління, механізму, за якою на локальному рівні виникають зворотні зв'язки з керування і механізму, що приводять до змін процесу, внаслідок чого матеріальна система на виході переходить в локальні стани самоорганізації або хаосу, а ентропія грає роль чинника демаркації вказаних станів.

На підставі висунутої гіпотези отримуємо висновок про рух матерії як процес, в якому на локальному рівні можуть відбуватися різні відхилення, що породжують структури (за Пригожиним). При цьому дисипація і консервація енергії системи дозволяють формувати порядок і хаос в системі, що є умовним. Вказані перебування на локальному рівні можуть проявляти значну стійкість, яка підтримується достатньо довго. Ентропія, що визначає втрати в системі, є чинником демаркації, тобто визначає нашу «точку зору» на процес і те, що прийняте як втрати.

На підставі гіпотези доводиться, що структури, відкриті Пригожиним як основа самоорганізації системи, не можуть грати роль джерела

руху, тому що вони є всього лише проміжними станами матерії. Саме процес забезпечує рух і розвиток матерії як у напрямі *порядок із хаосу*, так і у зворотному напрямі — *хаос із порядку*.

На підставі викладеного процесного підходу реакція Білоусова–Жаботинського може бути описана двома процесами:

- ✦ трендом окислювально-відновлювальної реакції, пов'язаним з витрачанням хімічних реагентів;
- ✦ відхиленнями, що носять коливальний характер, викликаними локальними змінами елементів процесу: *Керування* (швидкості реакції) і *Механізму* (концентраціями реагентів, що беруть участь у реакції).

Вказані процеси на локальному рівні можуть носити коливальний характер, що дозволяє створювати «хімічний годинник». Після закінчення реакції жодної «самоорганізації» системи не відбувається, коливання — всього лише локальні зміни, які затухають при вичерпанні ресурсів процесу (реагентів).

Звідси випливає, що ніяких дисипативних і консервативних структур в природі не існує, є лише взаємодія елементів процесу (рух матерії), зворотні зв'язки процесу, фазові зсуви між взаємодіями елементів процесу. Структури Пригожина виникають як характеристики (індикатори) процесу руху матерії, але вони носять акцидентний, ілюстративний характер.

Правильнішим слід визнати реалізацію процесу (в даному випадку окислювально-відновлювальна реакція), який, зважаючи на наявність зворотних зв'язків по *Керуванню* і *Механізму*, породжує на локальному рівні коливання концентрацій хімічних реагентів. Це вказує на доцільність застосування процесного підходу до розкриття суті самоорганізації, консервації і ентропії матеріальних систем.

Особливості природно-природного процесу за участю людини

Розглянемо процес руху матерії за участю людини. Для цього модифікуємо модель природного процесу, як це показано на рис. 4.

Модель включає: власне процес, *Вхід*, *Вихід*, *Керування*, *Механізм*, *Заміщення*, *ЗЗкер*, *ЗЗмех*, процес життєвого циклу. Відрізнявальною особливістю моделі є присутність інтелектуальної ланки — людини. При цьому людина бере участь у *Керуванні* шляхом виробництва Інформації, а також у *Механізмі* — трудові ресурси (ТР). Інтелект в моделі є продуктом деякого «порядку», який властивий тільки людині, невіддільний від нього і навряд чи існував раніше. Археологічними розкопками поки що не доведено існування у минулому нелюдського інтелекту.

Участь людини в процесі руху матерії передбачає формування *Завдання Керування* і *Завдання Механізму*, які є інтелектуальними зворотними зв'язками.

Завдання Керування виникає на основі отриманого людиною емпіричного досвіду, який перетворюється в *Науку* — систему положень, теорій, що відображає матеріальну дійсність. Наука формує *Вихід* — інформацію, використовувану як *Керування* процесу і запас, знання — своєрідну пам'ять про емпіричний досвід і теоретичні положення. *Знання* використовуються як ресурс (*механізм*) *Науки*.

Завдання Механізму виникає на основі необхідності підвищення *Кваліфікації ТР* і вирішується за допомогою *Освіти*. Виходом процесу освіти є *Кваліфікація*, входом — *Завдання Механізму*, ресурсом — *Знання*. В результаті *Освіта* формує кваліфіковані ТР і спрямовує дію на підвищення ефективності процесу.

Працює модель так. Природні процеси забезпечують перетворення *Входу* у *Вихід* за участю *Керування*, *Механізму*, *Заміщення*, *ЗЗкер*, *ЗЗмех*, як це було показано вище (див. рис. 3). Проте за участі людини формуються додаткові виходи, що визначають його потреби. Це *ЗавданняКер*, яке полягає в інтелектуальній оцінці процесу і можливості використання його в своїх інтересах, і *ЗавданняМех*, що визначає ті ресурси, які слід створити для реалізації *ЗавданняКер*.

ЗавданняКер формує *Науку* — систему відображення навколишньої дійсності і законів, що керують у природі. Результати дії *Науки* виража-

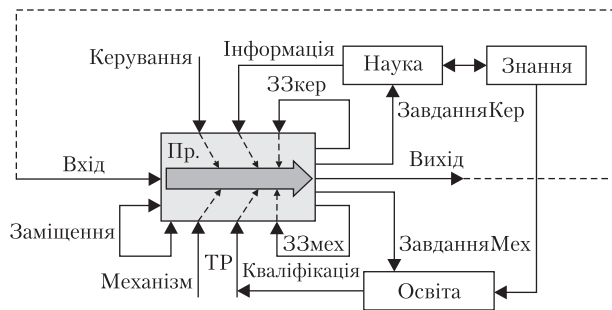


Рис. 4. Процес руху матерії у природі за участі людини

ються в *Інформації*, яка по даній моделі є когерентним керуванням, що забезпечує процес життєвого циклу (стрілка усередині блоку). *Знання* є кодовою пам'яттю науки — всілякі відомості про емпіричний досвід і теоретичні положення, отримані на основі наукових досліджень.

ЗавданняМех реалізується в *Освіті*, яка за даною моделлю не відноситься до *Науки*, але використовує *Знання* для передачі їх ТР, внаслідок чого останні підвищують свою *Кваліфікацію*. У результаті процес життєвого циклу отримує від людини не тільки керування у формі *Інформації*, але і кваліфіковані трудові ресурси — *Механізм*, здатний когерентно підтримувати процес.

Слід зазначити, що наявність інтелекту, пов'язаного з присутністю людини, забезпечує додаткові переваги, що дозволяє:

- ✦ використовувати вибірково існуючі *ЗЗкер* і *ЗЗмех* для досягнення конкретного результату, пов'язаного з господарською діяльністю (напр., посадка овочів весною гарантує їх визрівання осінню);
- ✦ раціональніше формувати *Заміщення* (розподіл природних ресурсів між *Входом* і *Механізмом*) з метою отримання позитивного ефекту від господарської діяльності;
- ✦ створювати додаткове *Керування* на основі *Інформації*, що досягається функціонуванням *Науки* з метою забезпечення результатів господарської діяльності (напр., створення нових технологій, які підвищують ефективність певного процесу життєвого циклу);
- ✦ покращувати *ТР* за рахунок підвищення *Кваліфікації* працівників на основі *Освіти* (при

цьому підвищується якість праці і управління, що забезпечує ефективність процесів життєвого циклу);

- ✦ накопичувати запаси *Знань* про рух матерії, які формують нові уявлення про економічну систему, нові наукові парадигми;
- ✦ створювати умови процесного резонансу (когерентності), за яким *Інформація* і *Кваліфікація* трудових ресурсів впливають на процес життєвого циклу синфазно з *Керуванням* і *ЗЗкер*, а також з *Механізмом* і *ЗЗмех*, внаслідок чого забезпечується синергетичний ефект;
- ✦ скорочувати вплив небажаної ентропії на процеси в економічній системі, чим забезпечувати підвищення ефективності господарської діяльності.

Додавання інтелекту в матеріальну систему зробило суттєвий вплив на ентропію процесу, яка в даному випадку отримує додаткові чинники у вигляді *Інформації* і *Кваліфікації* трудових ресурсів. При цьому ентропія процесу за участю людини має додаткову когерентність, пов'язану з дією інтелекту.

На підставі розглянутої процесної моделі руху матерії за участі людини пропонується наукова гіпотеза з такою формулою:

Встановлена невідома раніше властивість матеріального світу, заснована на взаємодіях елементів процесу руху матерії: входу, виходу, керування, механізму, локальних зворотних зв'язків по керуванню і механізму, що приводять до змін процесу руху, спрямованих як на стан самоорганізації, так і на стан хаосу в системі, при якому на локальному рівні під впливом людської діяльності додатково формуються завдання керування і механізму. Завдання керування створює науку, інформацію і знання, завдання механізму, використовуючи знання, створює освіту і кваліфікацію, а ентропія не тільки відіграє роль чинника демаркації вказаних станів, але і визначає ефективність людської діяльності в системі.

За даною гіпотезою людська діяльність має продуктивний характер і спрямована на ство-

рення якнайкращих умов для існування людини. При цьому інтелект дозволяє аналізувати і синтезувати дані про навколишнє середовище, для того щоб когерентно використовувати локальні зміни керування і механізму процесу руху матерії. Весь сенс людської діяльності полягає в підпорядкуванні природи своїм потребам, створенні локального резонансу керування за допомогою інформації і локального резонансу механізму за допомогою підвищення кваліфікації трудових ресурсів. Як приклади можна навести використання вогню, приручення тварин, культуру землеробства, промислове виробництво, житлове будівництво тощо.

Ентропія і економіка

Економічна діяльність багато в чому визначається як процесами матеріального світу, так і здатністю людини здійснювати перетворення природи. У багатьох випадках людина може використовувати ентропію природи для власних потреб. Наприклад, з давніх часів використовуються ресурси геотермальної енергії, гідроенергії, енергії вітру тощо. Причому всі ці енергоресурси в природі є побічними втратами, які під час руху матерії некорисні і складають ентропію матеріального світу. Однак при здійсненні власної економічної діяльності людина може використовувати природну ентропію процесу, в якому існують специфічні *Вхід*, *Вихід*, *Керування*, *Механізм*, *Зворотні зв'язки*, *Наука*, *Знання*, *Освіта*, причому в кожному з перерахованих елементів процесу існують свої втрати, тобто ентропія. Як визначити таку множинну ентропію в економіці?

Дане питання нині практично не вивчене і вимагає хоча б гіпотетичного розв'язання. Дійсно, економічна діяльність людини у сучасному світі спирається на наукові знання, де важливим елементом є досягнення когерентності людської діяльності і природних процесів. Саме наукове знання явищ природи, законів руху матерії, властивостей матеріальних об'єктів дозволяє людині підлаштуватися, пристосуватися до поточних змін і отримати корисний ефект.

Тому ентропія в економіці включає не тільки втрати руху матерії, але і втрати людської діяльності (управлінської, виробничої, інтелектуальної, ресурсної), які мають симбіотичний характер. Наприклад, планування має яскраво виражений управлінський характер, дає можливість виконати поставлену мету з використанням заданих ресурсів процесу. Помилки планування (керування) визначаються як ентропія людської діяльності. Проте можуть відбутися непередбачувані зміни ресурсів (ентропія природних процесів), які істотно впливають на процес, не даючи змоги досягти запланованого результату. Це вимагає створення стратегічних і поточних планів, що корегують людську діяльність залежно від змін ентропії природи.

Як приклад когерентного ентропійного процесу можна навести накопичення і сходження снігової лавини в умовах високогір'я. Якщо дане явище не завдало шкоди людині, його просто не помічають. Але коли в результаті сходження лавина може спричинити матеріальний збиток, людина приймає запобіжні засоби — здійснює підрив і штучне скидання лавини заздалегідь, коли маса накопиченого снігу (мала ентропія) ще не набула критичного рівня небезпеки. Таких прикладів, де людина взаємодіє з природою, можна навести безліч. І в кожному з них людська діяльність спирається на науку (досвід), що виступає як особливий вид управління — інформація. У розглянутій моделі під інформацією слід розуміти управлінські дії, обґрунтовані наукою, або результати наукової діяльності, які безпосередньо використовуються в управлінні і процесах життєвого циклу.

При визначенні ентропії в економіці за запропонованою гіпотезою отримуємо складну залежність взаємодії елементів процесу, зокрема людської діяльності. Тому просте підсумовування або яке-небудь усереднення ентропій елементів процесу не може бути коректним. Необхідно оцінювати взаємозв'язки в системі, функціональні залежності процесів життєвого циклу, керування і механізму, що породжує складніші логічні і математичні співвідношення.

У цілому, взаємодія ентропії природи і ентропії людської діяльності являє багатоваріантне завдання, яке необхідно вирішувати у кожному конкретному випадку окремо. При цьому повинні враховуватися чинники природи, виробничої діяльності, економічного середовища, людських можливостей та обставини непереборної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Дубнищева Т.* Концепции современного естествознания. Учебное пособие / Глава 4 Концепции классической термодинамики и статистической механики // Понятие «энтропия». Суть спора о «тепловой смерти Вселенной». — Режим доступа — http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/dubn/04.php.
2. *Корольков Б.П.* Термодинамические основы самоорганизации (монография). — Иркутск: ИрГУПС, 2011. — 120 с.
3. *История науки.* Понятийный аппарат: Терминологический словарь / сост. Н.И. Кобзева. — Оренбург: ОГУ, 2010. — 143 с.
4. *Различные формы энтропии* / Market journal. — Режим доступа. — <http://www.market-journal.com/voprosiupravleniya/2.html>.
5. *Прангшивили И.В.* Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. — М.: Наука, 2003. — 428 с.
6. *Шитиков В.К., Розенберг Г.С.* Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения / Структурный анализ экологических систем. Количественные методы экологии и гидробиологии (Сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова). — Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. — С. 91–129.
7. *Энтропия как показатель адаптации человека к новым жизненным условиям* / Medical Science. — Режим доступа. — <http://medscience.asia/articles/entropiya>.
8. *Энтропия и сущность теории И. Пригожина.* — Режим доступа. — <http://www.market-journal.com/voprosiupravleniya/9.html>.
9. *Кокиотт П., Райт И.* Вероятностный подход в экономике / Информация, деньги и стоимость. — Электронный источник. — Режим доступа — <http://left.ru/2009/2/cockshott184.phtml>.
10. *Янковский Н.А., Макогон Ю.В., Рябчин А.М.* Инновационные и классические теории катастроф и экономических кризисов: монография / под ред. Макогона Ю.В. — Донецк: ДонНУ, 2009. — 331 с.
11. *Пушкарева Н.В.* Постпозитивизм — Поппер, Лакатос, Фейерабенд, Кун. — Режим доступа — <http://www.disser.ru/library/70/247.htm>.
12. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. — М.: Мир, 1979. — 512 с.

13. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ. / Общ. ред. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климонтовича и Ю.В. Сачкова. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с.
14. Диссипативная структура. Этапы образования диссипативных структур (самоорганизация). — Режим доступа. — http://solidstate.karelia.ru/~KOF/OLD/kse-pact/lectures/text/glava9_1.html.
15. «Химический маятник» — реакция Белоусова—Жаботинского. — Режим доступа. — <http://sota.ee/forum/index.php?PHPSESSID=7aff34735b80bef3b696ce782de9a05d&topic=625.0>.
16. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. — М.: Изд-во иностр. л-ры, 1960. — 128 с.
17. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ РД IDEF 0 — 2000. — М.: Госстандарт России, 2000. — 75 с.

А.Ю. Чаленко

САМООРГАНИЗАЦИЯ, ЭНТРОПИЯ В ПРИРОДЕ И ЭКОНОМИКЕ

Рассмотрено понятие «энтропия» в естественных науках и в экономике, выявлены проблемы, связанные с неопределенностью данного понятия. Проанализированы известные парадигмы энтропии, основанные на самоорганизации материи в диссипативные структуры Пригожина.

Выявлены аномалии и произведена фальсификация существующей теории энтропии. Предложена новая гипотеза и направления исследований энтропии на основе процессного подхода. Произведено обоснование процессной гипотезы энтропии в естественных науках и в экономике.

Ключевые слова: самоорганизация, диссипативные структуры, энтропия, гипотеза, процесс, природа, экономика.

A.Y. Chalenko

SELF-ORGANIZATION, ENTROPY IN NATURE AND ECONOMICS

The concept of «entropy» in natural sciences and in economics is considered, the problems associated with the uncertainty of the term are identified. The known paradigms of entropy, based on self-organization of matter in dissipative structures of I. Prigozhin are analyzed. The anomalies and falsification of the existing theory of entropy are identified. A new hypothesis and direction of the research of entropy on the basis of the process approach is suggested. Substantiation of the process hypothesis of entropy in natural sciences and in economics is made.

Key words: self-organization, dissipative structures, entropy, hypothesis, process, nature, economics.

Стаття надійшла до редакції 25.02.13